

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年11月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-343473

[ST.10/C]:

[JP2002-343473]

出 願 人

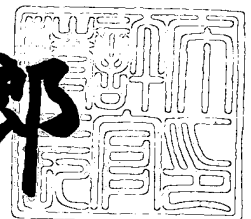
Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2003年 6月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3051213

【書類名】 特許願

【整理番号】 022375

【提出日】 平成14年11月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 23/225

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 加藤 隆男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 杜本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100091063

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 英夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100096068

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 住江

【選任した代理人】

【識別番号】 100107696

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 文俊

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201070

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 欠陥を検出するための電子線装置であって、画素寸法をパターン
の最小線幅にほぼ等しく設定可能であり、かつ、最小線幅のラインアンドスパー
スパターンを走査したときの 2 次電子検出信号の MTF が 0.55 以上となるよ
うに構成したことにより、画素寸法の約 $1/2$ の寸法の欠陥を検出可能としたこ
とを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 欠陥を検出するための電子線装置であって、画素寸法をパターン
の最小線幅にほぼ等しく設定可能であり、2 次電子検出信号の S/N 比が 20 以
上（ただし、雑音 N は 3 σ 値）となるように構成したことにより、画素寸法の約
 $1/2$ の寸法の欠陥を検出可能としたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の電子線装置において、該装置は、電子銃か
ら放出された電子線をメンブレンマスクあるいはステンシルマスクに照射し、マ
スクを透過した電子線を拡大し、2 次電子検出画像を得るよう構成されているこ
とを特徴とする電子線装置。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 記載の電子線装置において、該装置は、電子銃か
ら放出された電子を細く絞って試料上を走査し、試料から放出される 2 次電子を
検出し、2 次元画像を形成し、該画像をダイ・ツー・ダイ又はセル・ツー・セル
で比較して欠陥検出を行うよう構成されていることを特徴とする電子線装置。

【請求項 5】 半導体デバイスを製造する方法であって、請求項 1～4 いずれか
に記載の電子線装置を用いてプロセス途中及びプロセス完了後の一方又は両方で
半導体ウエハの欠陥検査を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】

本発明は、電子線装置及び該装置を用いたデバイス製造方法に関し、より詳細
には、最小線幅 0.1 μm 以下のパターンを有するウエハあるいはマスクの欠陥
等を検出するための電子線装置及びデバイス製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

今日、電子線を用いて、ウエハ又はマスクのパターンの欠陥を検出可能にした電子線装置が用いられている。

このような従来例の電子線装置においては、検出したい欠陥の寸法に等しいか、あるいはそれより小さい寸法の画素で画像形成を行い、形成された画像から欠陥検出を行っている。例えば、 $0.1\mu\text{m}$ 線幅のパターンにおける $0.05\mu\text{m}$ 以上の欠陥を検出しようとする、画素寸法を $0.05\mu\text{m}$ 以下に設定する必要がある。また、このとき、 100MHz のクロック周波数（走査速度）で欠陥を検出しようとする、 cm^2 当たりの検出時間は、

$$10^2 / \{ (5 \times 10^{-5})^2 \times 100 \times 10^6 \}$$

$$= 400 \text{ 秒}$$

$$= \text{約 } 0.111 \text{ 時間}$$

となる。したがって、 10cm^2 （ $=100\text{cm}^2$ ）を検出しようとする、単純計算でも 11.1 時間かかることになる。

【 0 0 0 3 】

上記においては、クロック周波数を 100MHz としたが、これは、検出器の応答周波数が 100MHz より十分に大きい電子線装置の場合に採用可能なクロック周波数である。例えば、画素寸法程度の寸法の欠陥を検出するためには、以下の非特許文献1に記載されているように、 S/N 比が 15 以上である必要があるとされている。

一方、応答周波数が余り高くない、例えばシンチレータとPMTを組み合わせた2次電子検出器等においては、通常、 100MHz 以上のクロック周波数で走査が不可能である。したがって、このような2次電子検出器を用いた電子線装置においては、走査用のクロック周波数を 100MHz より低くせざるを得ないため、検査時間がより長時間となり、スループットが低下する。

【非特許文献1】

品田、他4名「ウエハ検査用高速大電流 SEM 光学系」、LSI テスティングシンポジウム／2000 会議録、平成12年11月9～10日、P. 15

1 ~ 1 5 6

【 0 0 0 4 】

本発明は、上記した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、半導体ウエハ及びマスク等のパターンの欠陥検出を行うための電子線装置において、画素寸法を大きくすることによりスループットを大きくし、しかも、小さな寸法の欠陥を高精度で検出することができる電子線装置を提供することである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記した本発明の目的を達成するために、第 1 の観点の本発明は、欠陥を検出するための電子線装置であって、画素寸法をパターンの最小線幅にほぼ等しく設定可能であり、かつ、最小線幅のラインアンドスペースパターンを走査したときの 2 次電子検出信号の M T F が 0 . 5 5 以上となるように構成したことにより、画素寸法の約 1 / 2 の寸法の欠陥を検出可能としたことを特徴とする電子線装置を提供する。

第 2 の観点の本発明は、欠陥を検出するための電子線装置であって、画素寸法をパターンの最小線幅にほぼ等しく設定可能であり、2 次電子検出信号の S / N 比が 2 0 以上（ただし、雑音 N は 3 σ 値）となるように構成したことにより、画素寸法の約 1 / 2 の寸法の欠陥を検出可能としたことを特徴とする電子線装置を提供する。

【 0 0 0 6 】

上記した第 1 及び第 2 の観点の本発明に係る電子線装置は、

電子銃から放出された電子線をメンブレンマスクあるいはステンシルマスクに照射し、マスクを透過した電子線を拡大し、2 次電子検出画像を得るよう構成されているか、又は、

電子銃から放出された電子を細く絞って試料上を走査し、試料から放出される 2 次電子を検出し、2 次元画像を形成し、該画像をダイ・ツー・ダイ又はセル・ツー・セルで比較して欠陥検出を行うよう構成されていることが好ましい。

これにより、欠陥検査のスループットがより向上する。

【 0 0 0 7 】

本発明はまた、上記した電子線装置を用いてプロセス途中及びプロセス完了後の一方又は両方で半導体ウエハの欠陥検査を行うことを特徴とする半導体デバイス製造方法も提供する。

【 0 0 0 8 】

【発明の実施の態様】

図 1 は、本発明の電子線装置における基本的原理（着眼点）を説明するためのグラフを示している。図 1 において、（A）のグラフは、周期的パターンを走査したときに得られる M T F と正規化空間周波数 $d\text{pix}/(2\text{CD})$ との関係を示し、（B）のグラフは、単一欠陥構造を観察したときの信号振幅である M T F（= M T F（画素）：ここでは画素寸法が有限であることによる信号伝達関数をこのように表す）と正規化空間周波数 $d\text{pix}/(2\text{d def})$ との関係を示している。ただし、 $d\text{pix}$ は、画素寸法、 CD は周期的パターンの最小線幅であり、 d def は欠陥寸法である。

図 1 の（A）のグラフに示すように、周期的構造に対しては、画素寸法 $d\text{pix}$ を最小線幅 CD の 2 倍に設定する（すなわち、 $d\text{pix}/(2\text{CD}) = 1$ ）と、M T F はゼロ、すなわち、信号振幅が 0 になってしまうが、画素寸法 $d\text{pix}$ を最小線幅 CD に等しく設定する（すなわち、 $d\text{pix}/(2\text{CD}) = 0.5$ ）と、M T F = 0.64 が得られる。したがって、画素寸法 $d\text{pix}$ を最小線幅 CD にほぼ等しく設定しても、比較的大きい M T F が得られることが分かる。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、単一欠陥構造に対しては、 $d\text{pix} = 2\text{d def}$ に設定した場合、 d def の $1/2$ の寸法の d def の欠陥に対しては、 $d\text{pix}/2\text{d def} = 1$ となるため、図 1 の（B）のグラフに示すように、M T F = 0.41 となる。 $\text{d def} = 1/3 \times \text{CD}$ の欠陥に対しては、M T F = 0.21 となる。

以上から明らかなように、画素寸法 $d\text{pix}$ を周期的パターンの最小線幅 CD にほぼ等しいように設定しても、周期的パターンを十分に検出可能であるが、一方、該パターン上の欠陥が小さい場合は、欠陥の検出精度が低下する。

【 0 0 1 0 】

ところで、図1の(A)及び(B)のグラフにおけるMTFの値は、画素寸法が有限であることによるMTF(=MTF(画素))であり、これ以外に、電子光学系の分解能が有限であることによるMTFがある。ここでは、それをMTF(E0)で表す。そして、総合のMTFは、

$$\text{MTF(総合)} = \text{MTF(画素)} \cdot \text{MTF(E0)}$$

によって表すことができる。

したがって、画素寸法d pixを大きくして最小線幅CDにほぼ等しくしたことによって生じる欠陥検出のMTF(画素)の低下を補うために、光学系の分解能によるMTF(E0)を大きくすれば、MTF(総合)を大きく保つことができ、よって、高精度の欠陥検出ができることが分かる。

【0011】

そこで、MTF(画素)の低下を補うためのMTF(E0)の設定について説明する。

図2は、MTF、 $(\text{MTF})^2$ 、ビーム電流I、及び $(\text{MTF})^2 I$ とビーム径/CDとの関係を表すグラフである。ただし、図2におけるMTFはMTF(E0)を意味している。レンズの収差として軸上色収差が優勢な場合、ビーム径を変化させると、ビーム電流Iはビーム径の4乗に比例して変化する(すなわち、 $I \propto (\text{ビーム径})^4$)。一方、ラインアンドスペースを走査するとき、MTFのグラフに示すように、ビーム径を大きくするほど信号振幅すなわちMTFが小さくなる。これらの関係から、ビーム径を大きくすると、大きいビーム電流が得られるが信号振幅が小さくなり、逆に、ビーム径を小さくすると、ビーム電流が小さくなるが大寸法のパターンを走査したときの信号振幅と同じ大きさの信号振幅が得られる。したがって、ビーム径に最適値が存在することが分かる。

【0012】

そして、ビーム径の最適値を求めるには、MTFが例えば1/2になるのを補うためには、信号を(2倍)²にする必要があり、したがって、 $(\text{MTF})^2 \cdot I$ のグラフの最大となるときの条件が最適値である。そこで、 $(\text{MTF})^2 \cdot I$ の最大値のときのMTFの値を求めると、図2のグラフに示すように、 $\text{MTF} = 0.35$ となり、この値が最適値となる。例えば、このときのビーム径/CDは約

1. 1であり、これを満足するようビーム径を設定することにより、MTF (E0) = 0. 35を得ることができる。

【0013】

MTF = 0. 35 のとき、図1に関連して説明した例の場合、すなわち、 $d_{pix} = CD$ で、 $d_{def} = CD/2$ の欠陥に対して、

$$0. 35 \times (0. 64 / 0. 41) = 0. 55$$

であるから、電子光学系の分解能によるMTF (E0) を0. 55以上にすれば、MTF (画素) の0. 64から0. 41への低下分を補うことができる。これにより、欠陥が画素寸法 (= 最小線幅) の1/2程度であっても、MTF (総合) の低下を防止することができ、欠陥を適切に検出することができる。

【0014】

また、上記のようにMTF (総合) の低下を防ぐ代わりに、パターン画像を得るときのS/N比を十分大きくすることにより、画素寸法よりも小さい欠陥を検出することもできる。画素寸法と同程度の寸法の欠陥検出を行うためには、上記した非特許文献1に記載されているように、15以上のS/N比が必要であると言われている。これを基準にすると、画素寸法の1/2の欠陥を検出する場合のMTF (画素) は、0. 41/0. 64倍に低下するので、S/N比を、その逆数倍である

$$S/N$$

$$= 15 \times 0. 64 / 0. 41$$

$$= 23. 4$$

に設定しておけば、画素寸法 (= 最小線幅) の1/2の欠陥を検出することができる。すなわち、S/N比を20以上に設定すれば、画素寸法の約1/2程度の欠陥を検出することができる。

【0015】

なお、画素寸法の1/3の欠陥 (すなわち、 $d_{pix} / (2 d_{def}) = 1. 5$) を検出する場合、図1の(B)に示すように、MTF (画素) は約0. 21である。したがって、

$$15 \times 0. 64 / 0. 21 = 45. 7$$

の S/N 比が得られれば、画素寸法の 1/3 の大きさの欠陥を検出することができる。

【0016】

図 3 は、本発明の一実施形態の電子線装置の主要部を示した図である。該電子線装置は、それぞれが電子銃、1 次電子光学系、及び 2 次電子光学系からなる複数のユニットを備えている。各ユニットの電子銃は、カソード 31、ヒータ 32、ウエーネルト 34、セラミックベース 35、アノード 36 からなり、該電子銃から放出された電子線は、ダブルアノード (35、36) の凸レンズ作用でクロスオーバを成形開口板 38 の開口に形成する。そして、該開口で成形された電子線は、コンデンサレンズ 39 及び対物レンズ 29 により縮小され、ウエハ等の試料 28 上に規則的な位置関係で照射される。このとき、電子線は、偏向器 37 及び E×B 偏向器 24 により試料 28 上をラスタスキャンし、これにより、各ユニット毎に、電子線が試料上の所定領域を走査する。

【0017】

電子線照射により試料 28 から放出された 2 次電子は、E×B 偏向器 24 により偏向されて、2 次電子光学系の軌道 27 を進み、2 次電子検出器 40 に到達する。これにより、電子線は、2 次電子検出器 40 で検出され、その強度に対応する電気信号に変換される。得られた電子信号は、画像形成回路 (不図示) によって処理され、これにより SEM 画像が得られる。得られた画像を、欠陥検出回路 (不図示) において、基準となる画像と比較するか、又は、別のチップの対応する場所又は同一チップの別のセルについて得られた複数の画像同士を比較することにより、欠陥検出が行われる。

【0018】

複数のユニットそれぞれの対応するレンズ 29、30 は、セラミック基板に光軸となる複数の開口及び電極等が規則的に配置されて一体的に構成されている。複数のユニットそれぞれの対応する偏向器 37 も同様である。

各ユニットの電子銃は、各々が機械的軸合わせ機構を備えており、これにより、ユニット毎に独立して、電子銃の軸合わせが可能である。軸合わせの際には、各ユニット毎に、電子銃から放出されたビームを見ながら、アノード電極 35 に

ウオーブラ（周期的に変化する電圧）を印加し、偏向器 3 7 を操作して成形開口板 3 8 上を走査し、開口板 2 5 で測定される吸収電流による明るい領域の移動に基づいて、ビームの光軸 2 5 を調整する。

【0 0 1 9】

カソード 3 1 は、 LaB_6 カソードであり、輝度が $1 \times 10^6 \text{ A/cm}^2 \text{ SR}$ が得られ、 100 nm のビーム径で 20 nA のビーム電流が、ウエハ 2 8 上に得られる。さらに、電子銃は空間電荷制限領域で動作するように構成されており、これにより、ショット雑音低減係数 $\Gamma = 0.3$ を実現可能である。

図 3 に示した電子線装置において、各ユニットでのビームの走査を 100 MHz のクロック周波数で行う場合、画素当たりの 2 次電子検出数 N は、以下のようになる。ただし、画素寸法に等しいか又はそれ以上の寸法の欠陥を検出する場合とする。

$$N = 20 \times 10^{-9} / (100 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}) \\ = 1250 \text{ 個}$$

S/N 比は、

$$S/N = 1 / \Gamma^2 \times \sqrt{(N/2)} / 3 \\ = 92.6$$

（ただし、 $1 / \Gamma^2 = 11.1$ に設定）

となる。上記したように、 S/N 比が 15 以上であれば画素寸法に等しい 100 nm の欠陥が検出可能であり、従って、画素寸法以上の欠陥を高精度で検出することができる。

【0 0 2 0】

また、画素寸法よりも小さい欠陥を検出する場合について述べると、 $S/N = 92.6$ の場合には、MTF（画素）が低下したとしても、画素寸法の $1/2$ あるいは $1/3$ の寸法の欠陥を高精度で検出することができる。

【0 0 2 1】

また、ビーム径を 100 nm ではなく 45 nm に設定すると、ビーム電流は 0.82 nA が得られる。そして、クロック周波数 100 MHz で走査すると、 $S/N = 18.75 > 15$

が得られる。図 2 のグラフから、ビーム径/ $CD = 0.45$ の場合、 $MTF(E0) = 0.85$ であり、また、図 1 の (B) のグラフから、 $MTF(\text{画素}) = 0.41$ であるから、総合の MTF は、

$$\begin{aligned} & MTF(\text{総合}) \\ &= 0.85 \times 0.41 \\ &= 0.35 \end{aligned}$$

となる。図 2 に関連して説明したように、 $MTF = 0.35$ は最適値である。したがって、この条件で画素寸法に等しい欠陥を検出することができる。また、欠陥寸法が半分になったことにより、 $MTF(\text{画素}) = 0.41$ に低下しても、 $MTF(\text{総合}) = 0.35$ を確保することができる。したがって、 50 nm 径の欠陥であっても検出することができる。

【0022】

図 4 は、本発明に係る電子線装置の他の実施形態の主要部を示しており、この実施形態は、ステンシルマスクあるいはメンブレンマスクの欠陥検出装置として構成したものである。電子銃 41 から放出された電子線は、コンデンサレンズ 42 によりクロスオーバ 52 を形成し、かつ、照射レンズ 43 により拡大レンズ系の対物レンズ 45 の主面近傍にクロスオーバを形成する。検査されるマスク 44 は、対物レンズ 45 の前段近傍に位置決めされる。照射レンズ 43 は、その対物面に長方形開口を有する開口板 51 が設けられており、この長方形開口により、マスク 44 上の検査に必要な十分な領域のみが照射されるようにする。

【0023】

マスク 44 は一様な強度で照射され、該マスクを透過した電子線は対物レンズ 45 で拡大され、拡大レンズ 46 の手前の位置 53 に拡大像を形成する。そして、拡大レンズ 46 でさらに拡大され、内面に蛍光面を有する真空窓 48 に光の像を形成する。

そして、光学レンズ系 49 により像の大きさが調整され、TDI カメラ 50 に結像され、該カメラにより電気信号に変換される。そして、画像形成回路 54 においてマスク像に変換され、その後、欠陥検出回路 55 において欠陥が検出される。このとき、欠陥検出回路 55 には、パターンデータメモリ 56 から基準マス

クパターンのデータが提供され、欠陥検出回路 5 5 は、この基準マスクパターンと画像形成回路 5 4 からのデータとを対比することにより、欠陥検出を行う。

【 0 0 2 4 】

電子銃 4 1 は、 LaB_6 カソードを有し、空間電荷制限条件の下で動作するよう構成され、これにより、通常のショットキーカソードを採用したものと対比して、ショット雑音が $1/2 \sim 1/5$ に低減される。 $1 \times 10^3 A/cm^2$ SR (4.5 kV) の輝度は容易に得られる。拡大レンズ系 4 5 は、3 mrad の照射角 α_0 で 20 nm のビーム径が得られているので、 $\alpha_0 = 2.5$ mrad でマスク 4 4 を照射すれば、50 nm 平方の画素で得られる電子数 N 、及び S/N 比は、以下のようになる。

$$N = \pi \alpha^2 (50 \times 10^{-7})^2 \times 1 \times 10^3 \times 2048 \times 512 \\ \div (800 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}) \\ = 4021 \text{ 個}$$

$$S/N = 1/\Gamma^2 \times \sqrt{(N/2)} / 3 \\ = 29.9 \quad (\text{ただし、} 1/\Gamma^2 = 2 \text{ とした})$$

この場合も、 $S/N > 20$ であり、画素寸法の半分以下の欠陥を検出することができる。

【 0 0 2 5 】

次に、上記した電子装置を用いた、本発明に係る半導体デバイスの製造方法の実施形態の一例を説明する。

図 5 は、本発明の半導体デバイスの製造方法の一例を示すフローチャートである。この例の製造プロセスは、以下の各主工程を含む。

① ウエハを製造するウエハ製造工程 (又は、ウエハを準備するウエハ準備工程)

S 1

② 露光に使用するマスクを製作するマスク製造工程 (又は、マスクを準備するマスク準備工程) S 2

③ ウエハに必要な加工処理を行うウエハ・プロセッシング工程 S 3

④ウエハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程 S 4

⑤切り出されたチップを検査するチップ検査工程 S 5

【0 0 2 6】

それぞれの主工程 S 1 ~ S 5 は、いくつかのサブ工程からなっている。これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼす主工程がウエハ・プロセッシング工程 S 3 である。この工程 S 3 では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウエハ・プロセッシング工程は、以下のサブ工程を含む。

①絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、あるいは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）

②この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程

③薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためのマスク（レチクル）を用いてレジストのパターンを形成するリソグラフィ工程

④レジスト・パターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）

⑤イオン・不純物注入拡散工程

⑥レジスト剥離工程

⑦さらに加工されたウエハを検査する検査工程（マスク製造工程 S 2 で製造されたマスク等の検査も含む）

ウエハ・プロセツシング工程中のサブ工程は、必要な層数だけ繰り返し行われ、設計通りに動作する半導体デバイスを製造する。

【0 0 2 7】

図 6 は、図 5 のウエハ・プロセッシング工程の中核をなすリソグラフィ工程を示すフロチャートである。このリソグラフィ工程は、以下の工程を含む。

①前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 S 2 1

②レジストを露光する露光工程 S 2 2

③露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 S 2 3

④現像されたレジストパターンを安定化させるためのアニール工程 S 2 4

【 0 0 2 8 】

上記した本発明に係る電子線装置を、上記チップ検査工程 S 7 及びウエハ・プロセス工程 S 3 中の検査工程の少なくとも一方に用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスであっても、高スループットで検査を行うことができる。したがって、全数検査が可能となり、製品の歩留向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【 0 0 2 9 】

【発明の効果】

本発明の電子線装置は以上のように構成されており、以下のような作用効果を奏することができる。

1. 試料を走査するためのクロック周波数を例えば 1 0 0 M H z 等の比較的高い周波数に設定しても、画素寸法の 1 / 2 又は 1 / 3 程度の欠陥を高精度で検出可能であり、したがって、高いスループットを保持したまま、比較的小さい欠陥も高精度で検出可能である。

2. 逆に、検出したい欠陥の寸法の 2 倍以上に画素寸法を設定できるので、この意味においても高スループットを実現することができる。

3. シンチレータと P M T とを用いた 2 次電子検出器等のように信頼性が高い 2 次電子検出器を採用可能であり、したがって、電子線装置の信頼性を高めることができる。

4. ステンシルマスクの欠陥を検出する場合、M T F が小さく、T D I から得られる信号の S / N 比が良好であるので、画素寸法より小さい欠陥を容易に検出することができる。

5. 本発明に係る電子線装置を半導体デバイスを製造する方法に適用して、マスク又はウエハの欠陥検査工程に用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスであっても高スループットで検査を行うことができ、これにより、全数検査が可能となり、製品の歩留向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る電子線装置の基本的原理を説明するためのグラフであり、(A)は、MTF(画像)と正規化空間周波数との関係を表し、(B)は、MTF(画像)と正規化空間周波数との関係を表している。

【図 2】

MTF、 MTF^2 、ビーム電流 I、及び $(MTF)^2 I$ とビーム径/最小線幅との関係を示すグラフである。

【図 3】

本発明に係る電子線装置の一実施形態の概略構成を示す説明図である。

【図 4】

本発明に係る電子線装置の別の実施形態の概略構成を示す説明図である。

【図 5】

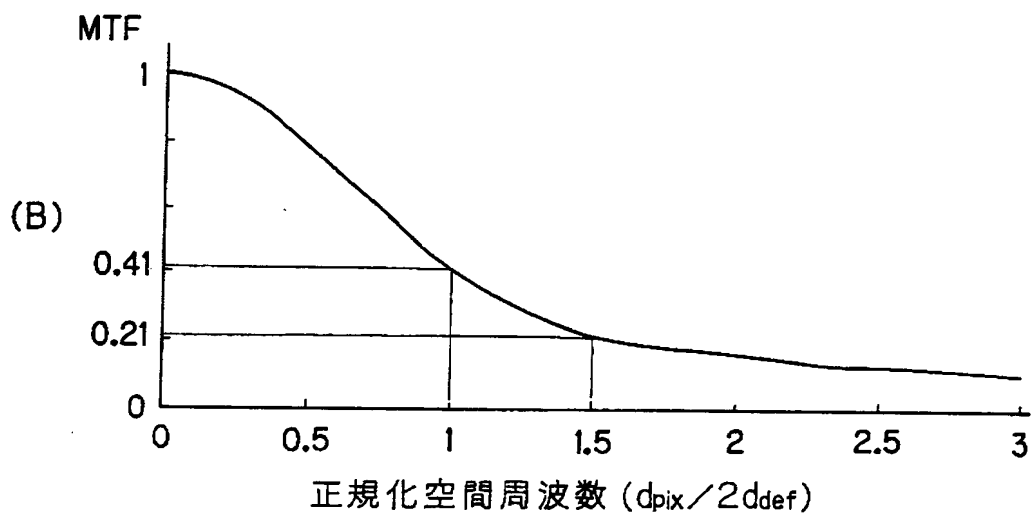
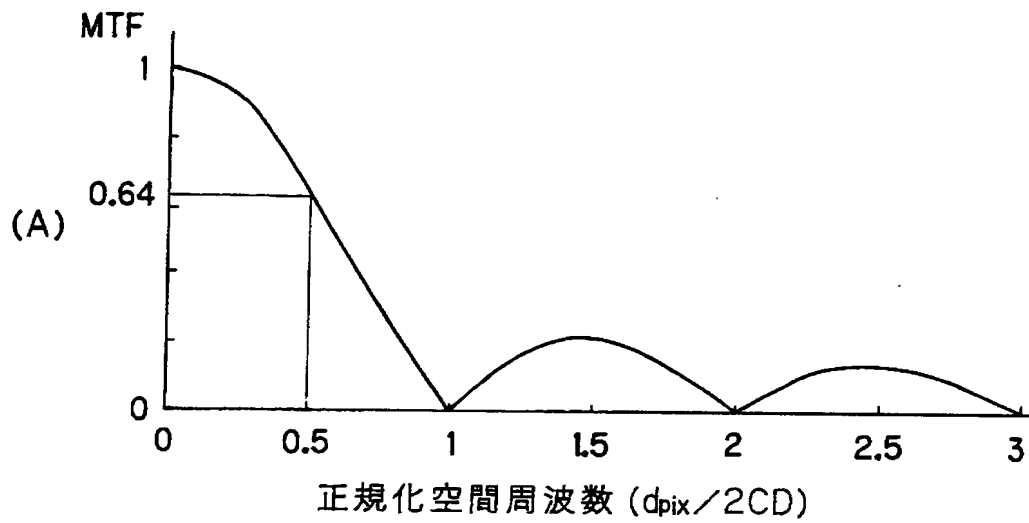
本発明に係る半導体デバイス製造方法を示すフローチャートである。

【図 6】

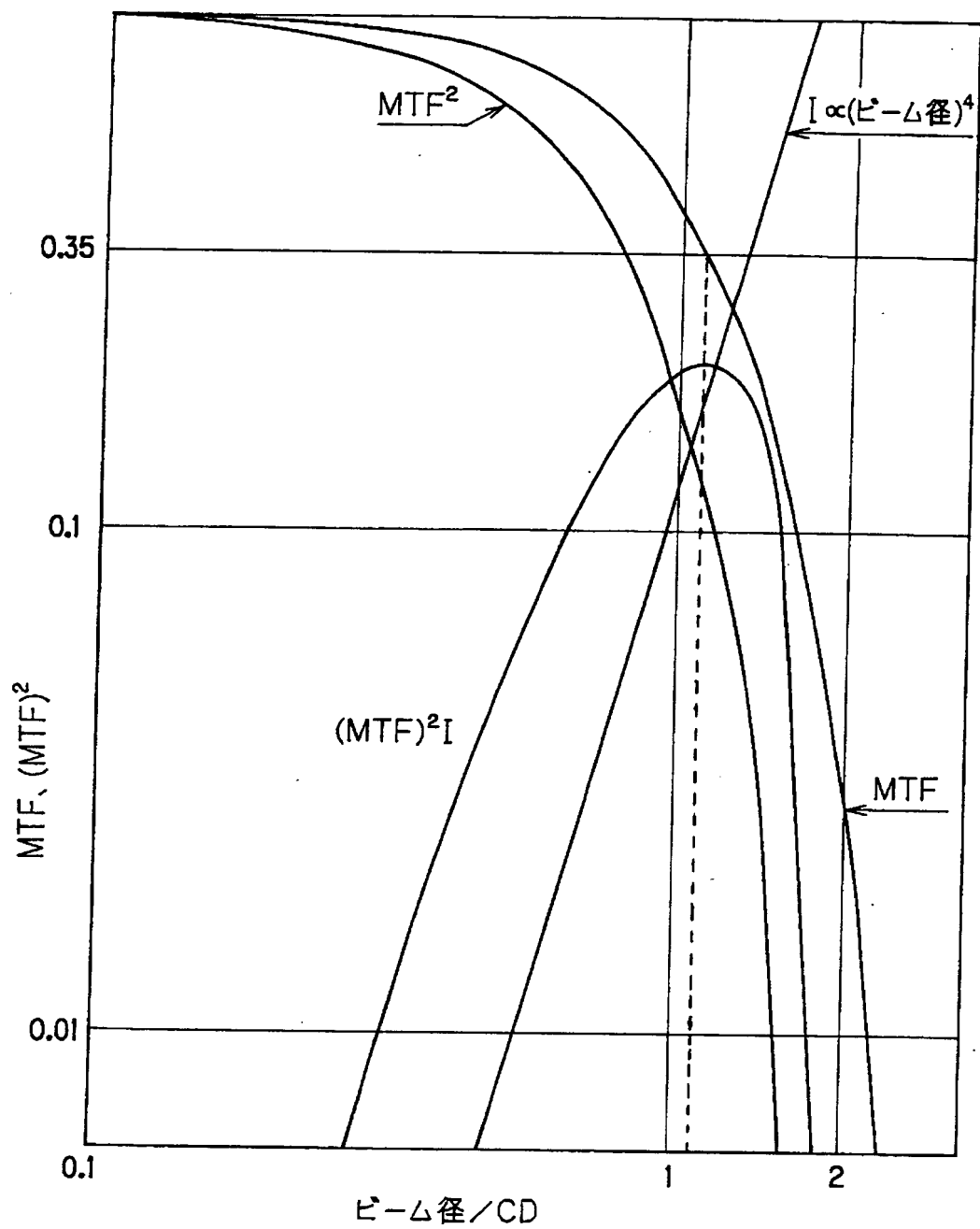
図 5 に示した半導体デバイス製造方法の内のリソグラフィ工程を示すフローチャートである。

【書類名】 図面

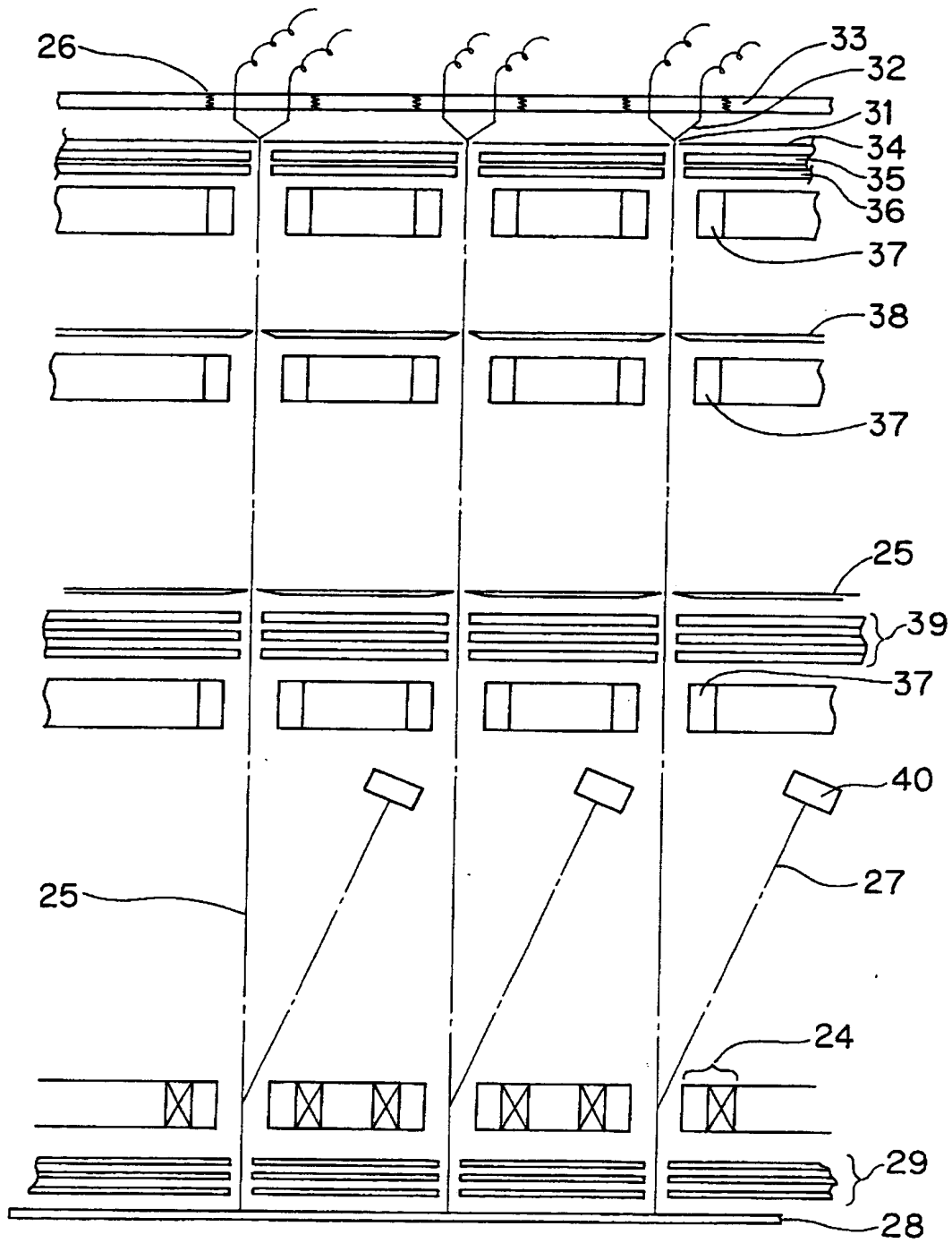
【図 1】



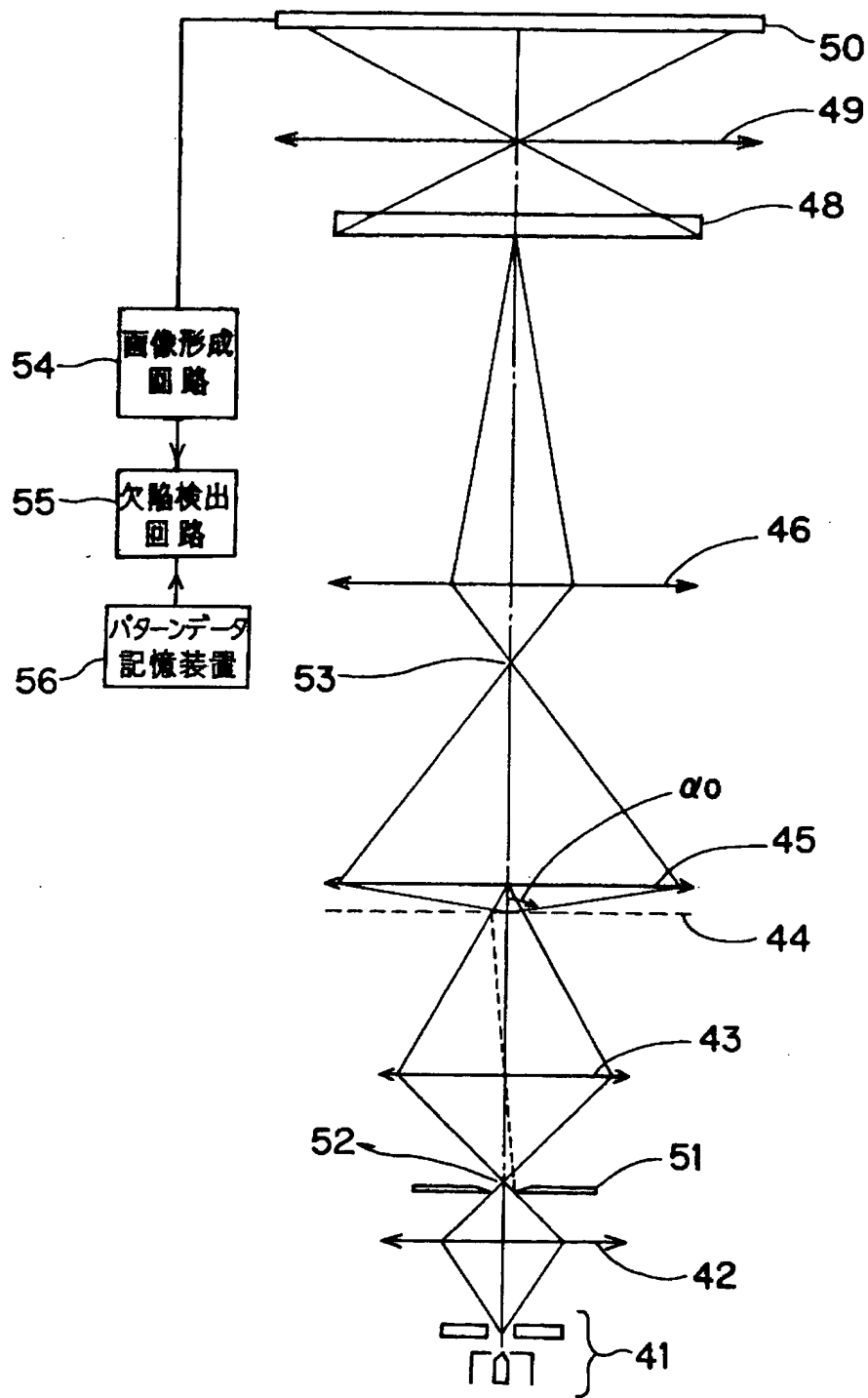
【図 2】



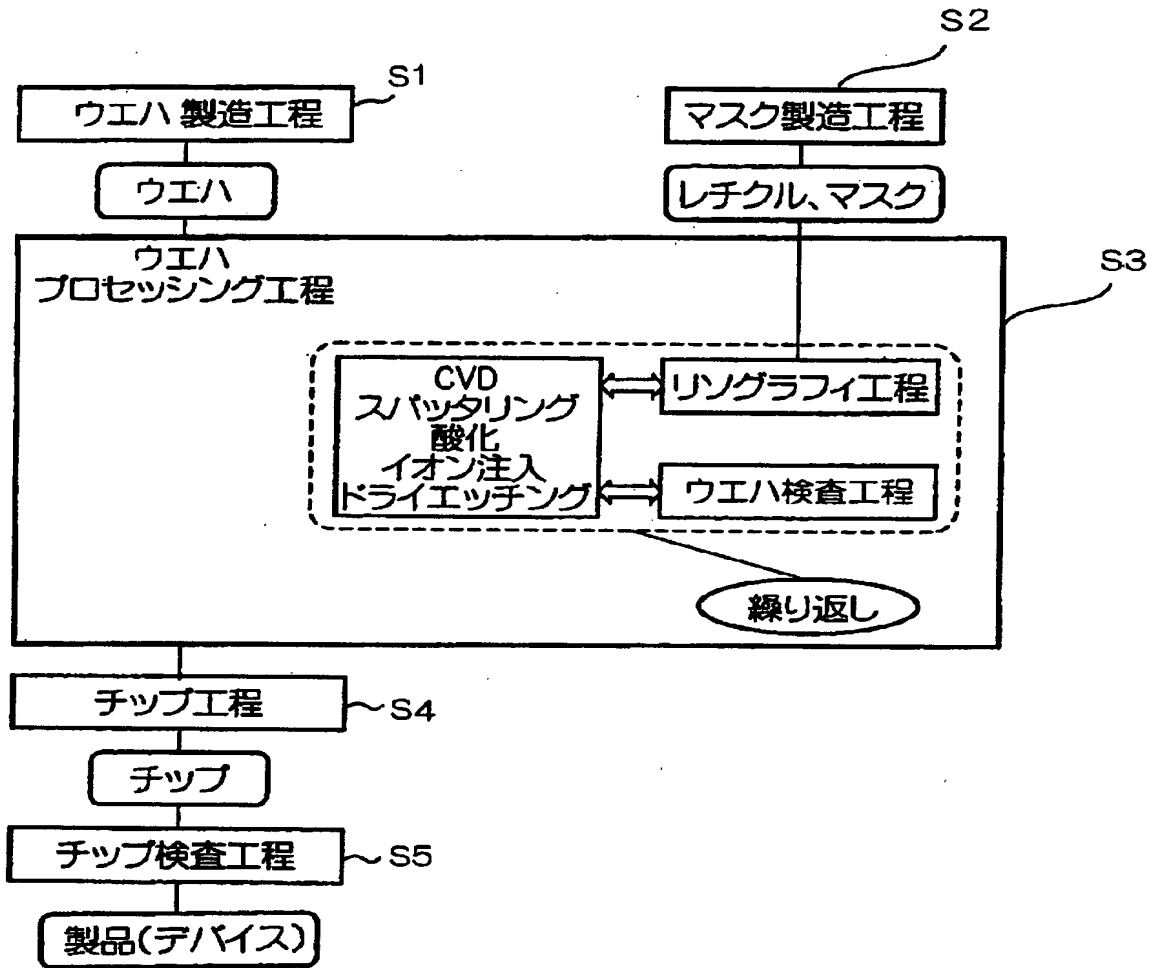
【図 3】



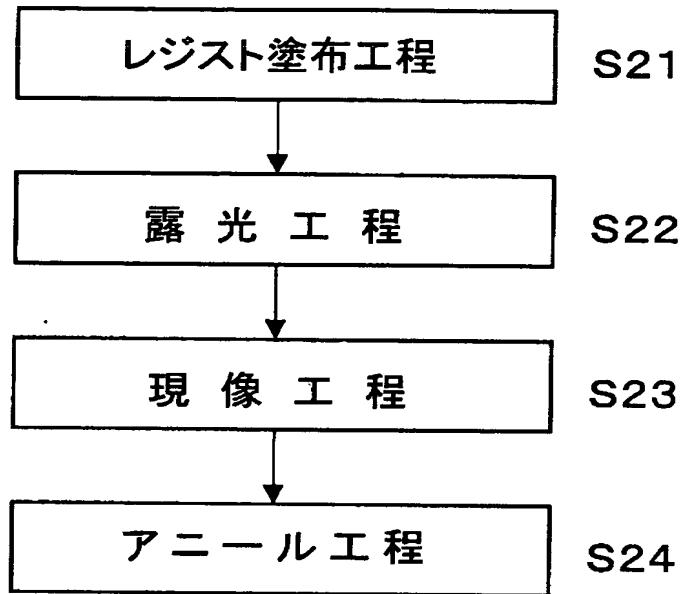
【図4】



【図5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小さな欠陥であっても高スループットで検出可能にする。

【解決手段】 電子銃 4 1 から放出された電子線は、コンデンサレンズ 4 2、照射レンズ 4 3 を介して被検査マスク 4 4 に照射され、対物レンズ 4 5 の主面近傍にクロスオーバを形成する。マスクを透過した電子線は、対物レンズ 4 5、拡大レンズ 4 6 を介して、内面に蛍光面を有する真空窓 4 8 に光の像を形成し、T D I カメラ 5 0 に結像され電気信号に変換される。そして、画像形成回路 5 4 においてマスク像に変換され、欠陥検出回路 5 5 において欠陥が検出される。電子銃 4 1 の LaB_6 カソードは、ショット雑音を低減するよう空間電荷制限条件の下で動作し、かつ高輝度が得られ、また、拡大レンズ系が $S/N > 20$ に設定されており、これにより、画素寸法の半分以下の欠陥も検出することができる。MTF (E 0) > 0.55 に設定しても画素寸法 $/ 2$ 以下の欠陥を検出可能である。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
氏 名 株式会社荏原製作所
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 4 月 2 3 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
氏 名 株式会社荏原製作所